

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



Fysisch en Elektronisch
Laboratorium TNO



TNO-rapport

Postbus 96864
2509 JG 's-Gravenhage
Oude Waalsdorperweg 63
's-Gravenhage

Telefax 070 - 328 09 61
Telefoon 070 - 326 42 21

rapport no.
FEL-90-A166

exemplaar no.

titel

TD 902469

Een beleidsondersteunend systeem voor
bepaling van de economische
vervangingsperiode van wielvoertuigen

DTIC FILE COPY

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

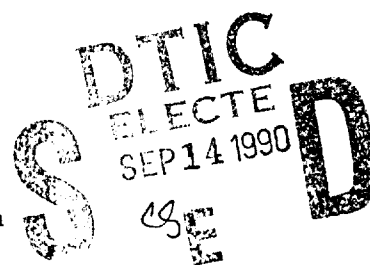
Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO', dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst.

TNO

auteur(s):

Drs. J.H.R. v. Duin

datum : augustus 1990



rubricering

titel : ongerubriceerd
samenvatting : ongerubriceerd
rapport : ongerubriceerd
bijlagen A t/m D : ongerubriceerd

oplage : 20
aantal bladzijden : 42 (incl. bijlagen
excl. RDP + distributielijst)
aantal bijlagen : 4

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

09.13 224



AD-A226 726

rapport no. : FEL-90-A166
titel : Een beleidsondersteunend systeem voor bepaling van de
economische vervangingsperiode van wielvoertuigen

auteur(s) : Drs. J.H.R. van Duin
instituut : Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO

datum : augustus 1990
hdo-opdr.no. : A88KLu652
no. in iwp '90 : 702.2

=====

SAMENVATTING (ONGERUBRICEERD)

In dit rapport wordt een beleidsondersteunend systeem beschreven dat gebruik maakt van het Bedrijfsvoerings Informatiesysteem voor de Ondersteunende Systemen (BIOS) met als kern een Life-of-Type model (LOT) dat uitgaande van eisen ten aanzien inzetbaarheid het economisch optimale vervangingstijdstip van uitrustingsstukken en in het bijzonder van wielvoertuigen bepaald.

Het doel van dit rapport is om voor genoemd systeem een goede basis te definiëren, zowel ten aanzien van het systeem zelf als ook voor de 'systeemomgeving'.

Vanuit deze doelstelling zal het Life-of-Type optimalisatie-model ten aanzien van veronderstellingen, filosofie en mogelijkheden uitvoerig behandeld worden.

A-i

report no. : FEL-90-A166
title : A policy supportive system to determine the economic
replacement period for vehicles

author(s) : Drs. J.H.R. van Duin
institute : TNO Physics and Electronics Laboratory

date : August 1990
NDRO no. : A88KLu652
no. in pow '90 : 702.2

ABSTRACT (UNCLASSIFIED)

This report describes a policy support system, based on a life-of-type model, for the replacement of equipment, particularly of vehicles. The system will be integrated in an information system and will determine the optimal economic time for replacing equipment, starting from availability requirements.

The aim of this report is to define a good basis both for the system itself and for the system environment.

Form this point of view the assumptions, demands, philosophy and possibilities of the Life-of-Type model will be dealt with.

SAMENVATTING	2
ABSTRACT	3
INHOUDSOPGAVE	4
1 INLEIDING	5
2 VERONDERSTELLINGEN EN EISEN	7
2.1 De informatievoorziening	7
2.2 De participatie	9
2.3 Kwaliteitsbewaking	9
3 UITRUSTINGSSTUKKEN	10
4 METHODIEKBESCHRIJVING	11
4.1 Kwantificering	11
4.2 Optimalisatie	12
4.3 Modelmogelijkheden	13
4.4 Ontwerp van het beleidsondersteunende systeem	14
5 CONCLUSIES	17
LITERATUUR	18
BIJLAGE A: DATABASEBESCHRIJVING	
BIJLAGE B: FORMELE MODELBESCHRIJVING	
BIJLAGE C: AKTIVITEITEN	
BIJLAGE D: BIOS-DATABASE	

1 INLEIDING

De bepaling van het meest economische tijdstip, waarop een uitrustingsstuk vervangen moet worden, is voor het management van een bedrijf en dus ook voor de Koninklijke Luchtmacht een complex besluitvormingsproces waarbij met vele randvoorwaarden rekening gehouden moet worden.

Voorheen werd het management bij de Koninklijke Luchtmacht in deze besluitvorming uitsluitend ondersteund door meningen van diverse experts. Naarmate de kostenbeheersing een belangrijkere rol is gaan spelen, is de behoefte aan een kwantitatieve ondersteuning voor de vervangingsproblematiek toegenomen.

Een aantal jaren geleden heeft het FEL-TNO onderzoek verricht naar de ontwikkeling van een model voor de bepaling van de optimale vervangingsperiode van wielvoertuigen ten behoeve van de Koninklijke Landmacht(zie [1,2]). Een model ter bepaling van de optimale vervangingsperiode wordt ook wel LOT (Life Of Type) model genoemd. In dit rapport wordt een beleidsondersteunend systeem (BOS) beschreven dat gebruik maakt van het Bedrijfsvoering Informatiesysteem voor de Ondersteunende Systemen (BIOS) met als kern een LOT-model. Het LOT-model zal rekeninghoudend met eisen ten aanzien van de inzetbaarheid het economisch optimale vervangingstijdstip bepalen voor een uitrustingsstuk(US).

In hoofdstuk 2 wordt een aantal eisen en veronderstellingen geformuleerd ten aanzien van de systeemomgeving. Hoofdstuk 3 beschrijft voor welke categorie uitrustingsstukken het model geschikt is. In hoofdstuk 4 wordt op eenvoudige wijze de methodiek beschreven, die ten grondslag ligt aan het LOT-model. Verder wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de vraagstellingen waarop het BOS antwoorden moet kunnen geven. Teneinde deze vraagstellingen zo gebruikersvriendelijk mogelijk te

kunnen verwerken, wordt in dit hoofdstuk ook een ontwerpschets gepresenteerd.

In deze ontwerpschets zal worden aangegeven hoe het LOT-model in een beslissingsondersteunend systeem kan worden ingepast. De userinterfaces en de interacties met de BIOS-database zullen worden aangegeven. De functionele specificaties worden in een later stadium van dit projekt geformuleerd. In dit verband wordt in hoofdstuk 5 ook ingegaan op de activiteiten die nog uitgevoerd moeten worden teneinde het beslissingsondersteunde systeem te kunnen implementeren. Naast de activiteiten worden de belangrijkste conclusies van dit rapport in dit hoofdstuk vermeld.

2 VERONDERSTELLINGEN EN EISEN

Dit hoofdstuk behandelt een aantal veronderstellingen en eisen met betrekking tot de 'systeemomgeving'. Met de systeemomgeving wordt niet alleen de informatievoorziening voor het LOT-model bedoeld, maar ook de participatie van de personen die werken met de gegevens van het informatiesysteem.

2.1 De informatievoorziening

Het Bedrijfsvoering Informatiesysteem voor de Ondersteunende Systemen (BIOS) vormt de voornaamste basis van de informatievoorziening voor het model. Naast het BIOS-systeem zal de gebruiker een rol vervullen in de informatievoorziening. Naar aanleiding van een analyse van de BIOS-database kan de informatievoorziening voor het model op grond van de definities voor een groot gebied gegarandeerd worden^(*). Het is met name de informatie met betrekking tot de huidige generatie uitrustingsstukken(US'n), die op grond van de definities tegemoet komt aan de belangrijke informatiebehoefte van het model. De informatie met betrekking tot de nieuwe generatie US'n is op grond van de definities niet expliciet aanwezig in de BIOS-database.

Dit is voor het Life-of-Type(LOT) model geen onoverkomelijk bezwaar. De informatie met betrekking tot de nieuwe generatie US'n kan op grond van de informatie van de huidige generatie met behulp van schattingsmethodieken eventueel aangevuld met een aantal expertmeningen afgeleid worden. De benodigde informatiecomponenten, die hier bedoeld worden, zijn de toekomstige kosten van onderhoud en de toekomstige hoeveelheid onderhoud. Verder moet voor een US de verkoopopbrengst bekend zijn.

Een eis voor het leveren van de juiste schattingen is dat de informatie met betrekking tot de huidige generatie US'n betrouwbaar is. Voor het adequaat kunnen ondersteunen van beslissingen aangaande de vervangingsproblematiek is het van cruciaal belang dat de aangeboden

(*)

De analyse van de BIOS-database wordt in bijlage A uitvoerig beschreven.

gegevens een hoge mate van betrouwbaarheid bezitten. Alleen dan is modelondersteuning zinvol. Indien de schattingsgegevens 'onbetrouwbaar' zijn, maar wel brackets te geven zijn, is de invloed van de onzekerheid via het model te vertalen tot een 'marge' in de 'vervangings-tijdstippen'. Inherent aan het begrip betrouwbaarheid wordt in dit verband het volgende onderwerp geïntroduceerd, namelijk de participatie van de gebruikers met het informatiesysteem.

2.2 De participatie

De betrouwbaarheid van de gegevens kan voor een deel technisch gegarandeerd worden door middel van consistentie-checks. Echter de betrouwbaarheid van de gegevens is in grotere mate afhankelijk van de omgeving, meer concreet de personen die met de gegevens werken. Uit de gesprekken is naar voren gekomen dat de huidige informatie beschikbaar in de database nog niet het predikaat betrouwbaar verdient.

Een belangrijke oorzaak hiervoor is de betrekkelijk korte tijd dat de database in een produktieomgeving operationeel is. Deze periode kan gezien worden als een inlooperperiode, waarin de gebruikers vertrouwd raken met het informatiesysteem. Vertrouwdheid met het informatiesysteem richt zich niet alleen op de bediening van het systeem. Een belangrijker aspect is in dit verband dat de gebruiker bewust moet zijn van de toepassingsgebieden, waarvoor de informatie gebruikt zal worden. Indien deze bewustwording gerealiseerd is, zal de gebruiker de (invoer-) gegevens kritischer kunnen beoordelen.

Uit voorafgaande gesprekken is duidelijk geworden, dat deze mentaliteit bij de gebruikers van het BIOS-systeem nog ontbreekt. Men ziet het informatiesysteem als een administratieve noodzaak, maar men heeft geen oog voor de toepassing van het systeem.

2.3 Kwaliteitsbewaking

Met de intentie om in de toekomst de betrouwbaarheid van de gegevens op een hoger niveau te brengen, is het noodzakelijk dat er een mentaliteitsverandering optreedt bij de gebruikers van het informatiesysteem. Naast het geven van cursussen met betrekking tot de bediening van het informatiesysteem dient men de gebruikers inzichten te verschaffen in het uiteindelijke (her)gebruik van de gegevens. Zonder deze kultuurverandering zal het niet mogelijk zijn de kwaliteit van de database op een aanvaardbaar niveau van betrouwbaarheid te brengen.

3 UITRUSTINGSSTUKKEN

Een LOT-model dient het economische vervangingstijdstip van een (groep) uitrustingsstuk(ken) te bepalen. De US'n, waarvoor het LOT-model onder meer geschikt is, zijn de wielvoertuigen. De primaire taak van de meeste wielvoertuigen is 'transport'. Door de relatieve eenvoud van deze taak, is het mogelijk dat de huidige generatie voertuigen vervangen zal worden door min of meer gelijkwaardige voertuigen. Dit betekent, dat de vervanging van de huidige generatie door de nieuwe generatie een vrijwel identieke kwaliteit van prestatievermogen inhoudt. Verder zal, door de relatief hoge gebruiksintensiteit, de slijtage aan de voertuigen een significante omvang hebben. Gezien het feit, dat de voertuigen technisch gezien weinig verouderen, zal de economische levensduur domineren boven een tactische levensduur.

Voor uitrustingsstukken met een dominante tactische levensduur, zoals wapensystemen, geldt dat de technologische ontwikkelingen elkaar zeer snel opvolgen. Voor dit type US'n is een LOT-model minder geschikt.

4 METHODIEKBESCHRIJVING

In dit hoofdstuk zal de methodiekbeschrijving, die ten grondslag ligt aan het LOT-model, behandeld worden. De methodiek wordt opgesplitst in een deel, waarin de kwantificering van de onderhoudskostenfunctie en de hoeveelheidonderhoudsfunctie aan de orde komen, en een tweede deel, waarin de uiteindelijke optimalisatie behandeld wordt. Vervolgens zullen de mogelijkheden van het model besproken worden.

4.1 Kwantificering

Van essentieel belang voor de ontwikkeling van een LOT-model zijn de volgende twee functies :

- $OK(t,x)$:
Dit zijn de cumulatieve onderhoudskosten voor correctief onderhoud voor een US met een leeftijd van t jaar en een kilometrage van x kilometers.
De preventieve onderhoudskosten per jaar worden verondersteld constant te zijn.
- $HO(t,x)$:
Dit is de cumulatieve hoeveelheid onderhoudsdagen voor correctief onderhoud voor een US met een leeftijd van t jaar en een kilometrage van x kilometers.

Om deze functies zo goed mogelijk te kunnen bepalen, dienen er in het huidige informatiesysteem voldoende betrouwbare gegevens met betrekking tot de US'n aanwezig te zijn. Zeer gewenst is een spreiding van deze gegevens in de dimensies leeftijd en kilometrage om tot een betrouwbaar beeld van de totale levensloop te komen. De uiteindelijke kwantificering van beide functies vindt plaats door het toepassen van schattingsmethodieken.

4.2 Optimalisatie

Het tweede gedeelte van het LOT-model wordt gevormd door de optimalisatie. Uitgangspunt voor de optimalisatie is het feit dat de vervanging van uitrustingsstukken plaatsvindt op basis van economische overwegingen.

De filosofie achter de methodiek kan als volgt worden omschreven :

Voor een toekomstig tijdstip wordt door het management een gewenste toestand bepaald. Deze gewenste toestand kan in dit verband concreet ingevuld worden door bijvoorbeeld de eis dat de operationele gereedheid van een US niet minder dan 95 procent mag bedragen. Het tijdspad tussen heden en een gekozen toekomstig tijdstip wordt verdeeld in perioden (b.v. in jaren).

Vanuit de gewenste uitgangssituatie wordt nu door middel van periodieke terugrekening voor iedere periode bepaald of het US vervangen c.q. gehandhaafd blijft. De eis met betrekking tot de operationele gereedheid mag hierbij niet geschonden worden. De berekeningsmethode herhaalt zich zo voor iedere periode, waardoor de berekeningsmethode een recursief karakter krijgt. Door het recursieve karakter wordt het mogelijk een efficiënt berekeningsalgoritme op te stellen, waardoor niet alle mogelijkheden berekend behoeven te worden. In dit verband is het algoritme efficiënt ten opzichte van de snelheid als ook ten opzichte van de geheugenopslag.

De recursieve terugrekening loopt door totdat de huidige tijdsperiode is bereikt. Op dat moment zijn de optimale beslissingen voor elke periodieke tijdstap bekend. De optimale beslissingen vormen uiteindelijk een politiek voor de komende jaren om de uiteindelijk gestelde doelstelling te bereiken.

Voor de geïnteresseerde lezer is het model formeel beschreven in de bijlage B en wordt vervolgens uitgelegd aan de hand van een voorbeeld.

4.3 Modelmogelijkheden

Inherent aan het uitgangspunt van het model kan het model een ondersteuning geven bij beslissingen met betrekking tot de volgende vraagstellingen :

- Op welk tijdstip moet een (set) voertuig(en) met leeftijd t en kilometrage x bij gelijkblijvende operationele gereedheidseisen vervangen worden? Wat zijn de kosten?
- Wat zijn de kosten van vervangen c.q. onderhouden voor een (set) voertuigen(en) met een leeftijd t en kilometrage x bij veranderende eisen ten aanzien van de operationele gereedheid?
- Wat zijn de kosten van een (set) voertuig(en) met een leeftijd t en een kilometrage x voor een ander gebruik in de komende jaren?
- Wat is het economische juiste vervangingstijdstip en wat zijn de economische gevolgen voor een ander tijdstip?

Zoals uit de vraagstellingen blijkt, staat het model toe diverse varianten van de verschillende beleidsuitgangspunten door te rekenen voor de komende jaren. De beleidsuitgangspunten van het management manifesteren zich in het model door de volgende mogelijkheden :

- het inzetten van US'n voor andere toepassingen (d.w.z. andere gebruiksintensiteiten);
- het stellen van operationele gereedheidseisen.

In antwoord op de vraagstellingen levert het model een optimale vervangingsbeleid voor de opgegeven termijn, waarbij de kosten voor onderhoud en verkoop van voertuigen minimaal zullen zijn. Verder houdt het model rekening met de opgegeven operationele gereedheidseisen. Indien men de invloed van de gereedheidseisen wil analyseren vanuit het kostenperspectief, dan dient men het model een aantal malen te gebruiken met verschillende waarden voor de gereedheidseisen.

4.4 Ontwerp voor het beleidsondersteunende systeem

Het uiteindelijk ontwerp van het model wordt in de volgende figuur als volgt weergegeven :

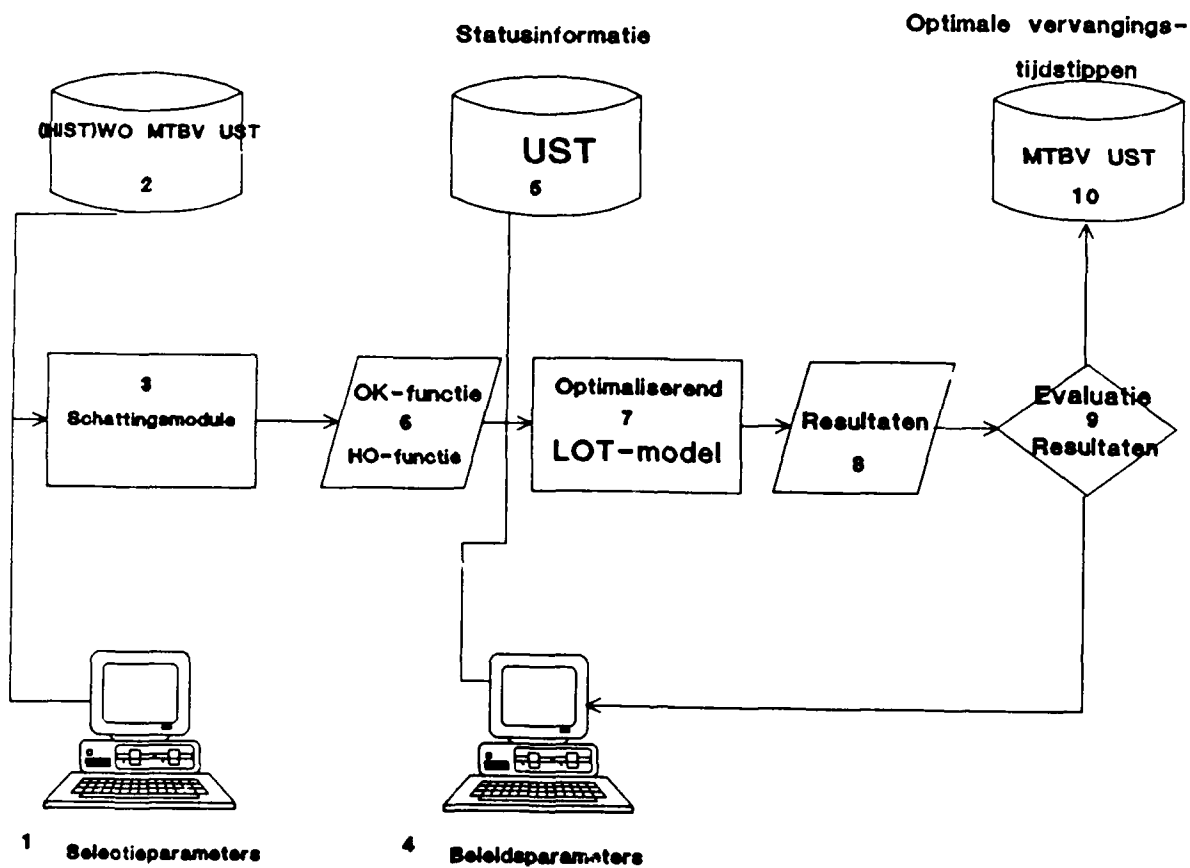


Fig. 1: Ontwerp BOS-systeem

Toelichting bij het ontwerp :

1) **Selectieparameters**

Dit is een scherm, waarin de gebruiker parameters kan opgeven met betrekking tot het type en merk van de te beschouwen voertuigen.

2) **(HIST)WO UST MTBV**

Dit zijn de databasetabellen, die benaderd moeten worden om de schattingsmodule van juiste invoer te kunnen voorzien. De records, die worden opgehaald, zijn geselecteerd op basis van de selectieparameters (1). Eventueel zijn de records door middel van projecties nog ontdaan van overbodige informatie.

3) **Schattingsmodule**

Met behulp van de aangeleverde records uit de bovengenoemde databasetabellen leidt de schattingsmodule de onderhoudskosten(OK)-functie en de hoeveelheids(HO)-functie af.

4) **Beleidsparameters**

In dit scherm heeft de gebruiker de mogelijkheid om de te beschouwen voertuigen exact aan te geven. Dit wil zeggen dat nu het bouwjaar en eventuele andere kenmerken van de voertuigen opgegeven kunnen worden. Verder wordt een toekomstig tijdstip gevraagd om de periode van analyse te definiëren. Verder heeft de gebruiker de mogelijkheid om de beleidsparameters (gereedheidspercentage en geplande inzet) voor ieder jaar apart in te stellen.

5) **Statusinformatie UST**

Met behulp van de opgegeven parameters (4) worden in de database de actuele gegevens opgehaald met betrekking tot de voertuigen.

6) **OK- en HO-functie**

Met behulp van de kilometerstand en het bouwjaar worden de startpunten in de OK- en HO-functie bepaald. Deze functies en de beleidsparameters (4) worden doorgegeven aan het optimaliserend LOT-model.

7) **Optimaliserend LOT-model**

Het model zal op basis van de aangeleverde informatie een optimaal vervangingsbeleid berekenen tot en met het opgegeven jaar.

8) **Resultaten**

De resultaten zijn het optimale vervangingsbeleid met daarbij uitgedrukt de kosten voor iedere periode, de totale periode en de vrijheid, die men nog heeft per periode ten aanzien van de gereedheidseisen. Uiteraard kunnen de resultaten nog uitgebreid worden met eventuele andere belangrijke aspecten.

9) **Evaluatie Resultaten**

De gebruiker zal de resultaten moeten evalueren. Afhankelijk van de evaluatie kan de gebruiker besluiten de optimalisatie opnieuw te laten uitvoeren (4) met een andere instelling van de parameters.

10) **Optimale vervangingstijdstippen MTBV UST**

De gebruiker heeft de resultaten uit het LOT-model positief gewaardeerd. De resultaten worden nu in de daarvoor bestemde databasetabellen ingebracht.

Het geschetste ontwerp is nog geen definitief ontwerp, maar is bedoeld om een indruk te geven hoe het LOT-model geïntegreerd kan worden in het uiteindelijke beslissings-ondersteunende systeem. In het ontwerp zijn de plaatsen aangeven waar de interfaces (1 en 4) met de BIOS-MT-database en de gebruiker gespecificeerd moeten worden.

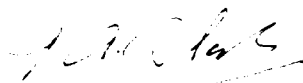
5 CONCLUSIES

Naar aanleiding van de gemaakte analyse met betrekking tot de model-omgeving en de methode kan gesteld worden, dat de huidige basis voor het beslissingsondersteunende systeem een goed concept vormt om de besluitvorming ten aanzien van het vervangingsbeleid te kunnen ondersteunen. Afhankelijk van de mogelijkheid tot kwantificering van de onderhoudskostenfunctie en de hoeveelheidonderhoudfunctie is het mogelijk om voor de wielvoertuigen uitspraken te doen over vervanging, rekening houdend met kosten en operationele gereedheidseisen.

In navolging van deze conclusie is het mogelijk een aantal activiteiten te formuleren, zodanig dat het LOT-model ook werkelijk kan worden uitgebouwd tot een beslissingsondersteunend systeem. Deze activiteiten corresponderen met de activiteiten in figuur 1 en worden beschreven in de bijlage C.

LITERATUUR

- [1] Drs. P.E. Bogerd, Ir. M. Spaans en Ir. A.H. Veringa
"Toepasbaarheid en informatiebehoefte van Life-of-Type modellen",
TNO-rapport FEL 1988-06.
- [2] Drs. G. Konstantis en Ir. S. v.d. Ree,
"Een mathematisch model voor de bepaling van de optimale
vervangingsperiode van wielvoertuigen",
TNO-rapport PHL 1984-56.
- [3] "Handleiding van het (B) Bedrijfsvoerings (I) Informatiesysteem
(O) Ondersteunende (S) Systemen voor de (M) Motor (T) Transport-
dienst (BIOS-MT) m.b.v. Beeldstations",
DMKLu/OSS, PUBNR. 25820.
- [4] A.N. Schwartz, J.A. Sheler and C.R. Cooper,
"Dynamic Programming Approach To The Optimization Of Naval
Aircraft Rework And Replacement Policies",
Center for Naval Analyses of the University of Rochester



Ir. P.A. Slats
(groepsleider)



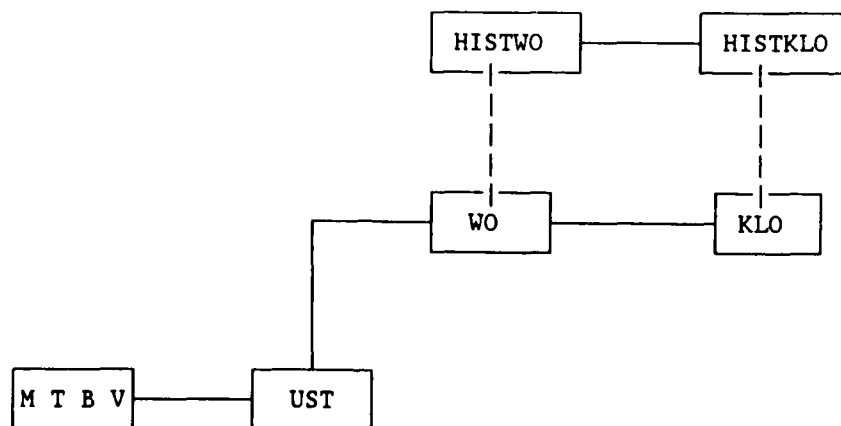
Drs. J.H.R. van Duin
(auteur)

DATABASEBESCHRIJVING

A.1 Inleiding

In deze bijlage wordt een korte databasebeschrijving gegeven. Vanuit de optiek van het LOT-model worden de tabellen die van belang zijn in hun onderlinge samenhang grafisch weergegeven. Het centrale punt in de database is het uitrustingsstuk (US) waaromheen onderhoudskosten, registraties en doelstellingen worden vastgelegd. De centrale database-tabel is de tabel UST. De tabel bevat gegevens over de actuele status van het uitrustingsstuk.

De tabel MTBV (merk/type/bouwjaar/verbijzondering) bevat initiële gegevens van het uitrustingsstuk bij binnenkomst en prognoses c.q. doelstellingen. Het bestand WO (werkorder) bevat informatie over de in realisatie zijnde onderhoudsbeurten (ten tijde van uitvoering). Verder worden de onderhoudsbeurten na gereedmelding overgeboekt naar het bestand HISTWO (historisch werkorderbestand). Verder wordt van elke klacht, waarvoor een werkorder wordt uitgevoerd, vastgelegd van welke hoofdgroep/subgroep de klacht afkomstig is. Dit is het bestand KLO. Ook van deze tabel wordt een historische opslag gemaakt namelijk HISTKLO. De onderlinge samenhang van bovengenoemde tabellen is als volgt grafisch (*) weer te geven :



(*)

Voor een gedetailleerd schema zie bijlage D: BIOS-database.

A.2 Informatiespecificatie BIOS-database

Aan de hand van het rapport "Toepasbaarheid en Informatiebehoefte van Life-of-Type modellen" [1] zal worden nagegaan in hoeverre het mogelijk is in de gestelde informatiebehoefte met behulp van de BIOS-database te voorzien.

Het is mogelijk om de database vanuit verschillende gezichtspunten te analyseren. In de informatiebehoeften kan op twee manieren vanuit de database worden voorzien, namelijk via een "actueel gezichtspunt" of via een "historisch gezichtspunt". Men spreekt van "actueel gezichtspunt", indien de benodigde informatie wordt verkregen door actuele gegevens van verschillende analyse-objekten ten opzichte van elkaar (relatief) te vergelijken. Een noodzakelijke eis met betrekking tot dit gezichtspunt is dat de gegevens in voldoende diversiteit en hoeveelheid moeten voorkomen per analyse-objekt om een duidelijk inzicht in de benodigde informatie te verkrijgen.

Naast het "actueel gezichtspunt" is er het "historisch gezichtspunt". Zoals de naam al doet vermoeden worden de records per analyse-objekt historisch bekeken. Een voordeel van deze aanpak is dat de inzichten niet door relativiteit worden verkregen, maar dat door historische observaties een trend c.q. een inzicht wordt verkregen. Door de inzichten en trends te baseren op historische gegevens kunnen de OK- en HO-functies beter geschat worden, waardoor de resultaten van het model betrouwbaarder worden.

Om deze reden zullen uitsluitend die databasetabellen en -attributen vanuit het historisch gezichtspunt worden aangegeven, die aan de informatie-behoeften van het LOT-model voldoen.

De benodigde informatie voor het LOT-model wordt ingedeeld in drie categoriën :

- (1) informatie met betrekking tot de historie van de huidige generaties US'n;
- (2) een prognose van de eigenschappen voor de nieuwe generaties US'n;
- (3) een weergave van het beleid dat de KLU met betrekking tot het toekomstige gebruik van de US'n zal gaan voeren.

Deze drie categoriën zullen in de volgende drie subparagrafen aan de orde komen.

A.3 Informatie huidige generatie US'n

De informatie van de huidige generatie US'n dient om de "onderhoudskostenfunctie" en de "hoeveelheidonderhoudfunctie" te schatten. De "onderhoudskostenfunctie" (afgekort OK-functie) is de relatie tussen leeftijd en cumulatief gebruik enerzijds, en de onderhoudskosten anderzijds. De "hoeveelheidonderhoudfunctie" (afgekort HO-functie) is de relatie tussen leeftijd en cumulatief gebruik enerzijds, en het aantal onderhoudsdagen anderzijds.

Verder moet van elk exemplaar van de huidige generatie US'n de informatie betreffende het reeds gerealiseerde cumulatieve gebruik aanwezig zijn.

Voor elke informatiebehoefte zal worden aangegeven door welke tabellen en attributen in deze behoefte voorzien kan worden. De OK-functie en de HO-functie kunnen worden geschat als de volgende informatie beschikbaar is.

- identificatie-nummer van een US
 - databasetabel : UST
 - attribuut : USTNR
 - omschrijving : uitrustingsnummer (kenteken)

- gecumuleerde gebruik tot correctief onderhoud
 - databasetabel : WO
 - attribuut : KMSTAND
 - omschrijving : kilometerstand bij het correctief onderhoud

- kosten van correctief onderhoud
 - databasetabel : WO
 - attribuut 1 : WOCVACO
 - omschrijving 1: totaal besteed cva gevoerd materiaal correctief onderhoud (cva = centrale voorraad administratie)
 - attribuut 2 : WOBMCO
 - omschrijving 2: uitrustingsstuk totaal bestede manuren correctief onderhoud
 - attribuut 3 : WOMZUCO
 - omschrijving 3: totale mzu kosten correctief onderhoud (mzu = machtiging zelfstandige uitbesteding)
 - attribuut 4 : WOMZACO
 - omschrijving 4: totale mza kosten correctief onderhoud (mza = machtiging zelfstandige aanschaf)

- opmerking : Totale kosten aan correctief onderhoud = WOCVACO + WOBMCO * uurtarief + WOMZUCO + WOMZACO.
Voor het uurtarief wordt een integraal uurtarief genomen, deze komt niet voor in de database.
De genoemde databasevelden zijn nog niet in de database voorhanden, maar worden wel in de BIOS-database opgenomen.

- **totale 'downtime' voor correctief onderhoud**
 - databasetabel : WO (HISTWO)
 - attribuut : WOUITDAT
 - omschrijving : datum van verlaten van een US uit de reparatie
 - attribuut : WOAANMDAT
 - omschrijving : datum van aanmelding van de werkorder
 - berekening : WOUITDAT - WOAANMDAT
 - opmerking : De berekening voor de downtime moet gecorrigeerd worden met een eventuele stagnatietijd. Door middel van een statusveld moet het mogelijk zijn de zuivere downtime voor de reparatie te bepalen

- **datum waarop het correctief onderhoud is uitgevoerd**
 - databasetabel : WO (HISTWO)
 - attribuut : WODATGER
 - omschrijving : datum van gereedmelding werkorder

Voor het LOT-model zijn niet alleen de OK-functie en de HO-functie van belang, maar dient men ook inzicht te hebben in de huidige status van de voertuigen. De status van de voertuigen kan worden afgeleid uit het reeds gerealiseerde cumulatieve gebruik. De informatie betreffende het reeds gerealiseerde cumulatieve gebruik van de huidige generatie US'n bestaat voor het LOT-model uit de volgende componenten :

- **het gerealiseerde cumulatieve gebruik**
 - databasetabel : UST
 - attribuut 1 : GEBSN
 - omschrijving 1: gebruikstand sinds nieuw
 - attribuut 2 : GEBSNKT
 - omschrijving 2: gebruikstand van de nieuwe kilometerteller
 - berekening : GEBSN + GEBSNKT

- de instroomdatum
 - databasetabel : UST
 - attribuut : DATINGKLU
 - omschrijving : datum ingebruikname binnen de KLU

- de verwachte opbrengst (bij afstoting)
 - databasetabel : MTBV
 - attribuut 1 : EENHP
 - omschrijving 1: eenheidsprijs
 - attribuut 2 : BOUWJ
 - omschrijving 2: bouwjaar
 - databasetabel : UST
 - attribuut 3 : GEBSN + GEBSNKT
 - omschrijving 3: gebruikstand sinds nieuw

Voor de verwachte opbrengst bij afstoten wordt de volgende berekeningswijze voorgesteld:

$$(1 - \max((\text{huidig jaar} - \text{BOUWJ}) / \text{LEVENS D}, (\text{GEBSN} + \text{GEBSNKT}) / \text{OPGGE BR PRO})) * \text{EENHP}$$

Opmerking:

Voor de bepaling van de restwaarde van het US kan men overwegen om voor de levensduur(LEVENS D) en het verwachte totaal gebruik (OPGGE BR PRO) van het US de leveranciersspecificaties te gebruiken. De verwachte restwaarde kan tot een minimale ondergrens dalen van de schrotprijs maal het lediggewicht.

A.4 Informatie over de eigenschappen van de nieuwe generatie US'n

Voor een optimaliserend LOT-model(d.i. een model voor het bepalen van het optimale economische vervangingstijdstip voor een US.) is de volgende informatie over de nieuwe generatie US'n van belang :

- **prognoses van de investeringskosten voor de nieuwe generatie US'n**

De prognoses van de investeringskosten kunnen op basis van de volgende alternatieven geschat worden :

- (a) extrapolatie van de investeringskosten voor de huidige generatie;
- (b) informatie van de industrie;
- (c) 'good expert judgement'.

Het zal duidelijk zijn dat de de alternatieven (b) en (c) niet in de database zijn ondergebracht. Ten aanzien van alternatief (a) is schatten van de investeringskosten met behulp van de database wel goed mogelijk. De extrapolatie van de investeringskosten wordt dan gefundeerd op de historische kostprijs van een US uit de huidige generatie. Voor de toekomst zou de kostprijs nog aangepast kunnen worden met een inflatiecorrectie. Zoals al eerder vermeld staat, wordt informatie omtrent de kostprijs gevonden in :

databasetabel : MTBV
attribuut : EENHP
omschrijving : eenheidsprijs

- **OK-functie en HO-functie van de nieuwe generatie US'n**

De informatie voor deze functies is uiteraard niet in de database voorhanden. Voor deze functies geldt hetzelfde als voor de investeringskosten, namelijk een extrapolatie van de huidige functies. Een eventuele correctie op deze functies zou gerealiseerd kunnen worden met de opgave van de leverancier omtrent de verwachte levensduur. Een relatieve vergelijking van

de leeftijd en de verwachte levensduur (dit gegeven wordt jaarlijks gecorrigeerd) van de huidige generatie ten opzichte van de opgegeven levensduur van de nieuwe generatie kan een indicatie geven van de te verwachten onderhoudskosten c.q. onderhoudsdagen. Op deze wijze zou uitdrukking gegeven kunnen worden aan een procentuele verlaging (veronderstelling: produkten worden van betere kwaliteit) van de functies. Met deze correcties moet men wel een grote mate van voorzichtigheid betrachten in verband met de grote onzekerheid van deze gegevens. De benodigde gegevens hiervoor worden gevonden in :

databasetabel : MTBV
attribuut : BOUWJ
omschrijving : bouwjaar
attribuut : LEVENS
omschrijving : verwachte levensduur

A.5 Informatie over toekomstig gebruik van US'n

Het toekomstig gebruik van de US'n is een afspiegeling van het toekomstig beleid van de KLU. Ten aanzien van dit informatiegedeelte moeten de volgende informatiecomponenten bekend zijn :

- toekomstige gebruiksintensiteit van huidige en nieuwe generatie US'n

De toekomstige gebruiksintensiteit wordt afgeleid van de gebruiksintensiteit van het voorafgaande jaar. Het is ook mogelijk dat de gebruiker deze toekomstige intensiteiten zelf instelt om bepaalde beleidsalternatieven te kunnen doorrekenen. Deze informatie wordt in de database teruggevonden:

databasetabel : UST
attribuut 1 : GEBRSTBDJ
omschrijving 1: gebruikstand begin dit BIOS jaar
attribuut 2 : GEBRSTBVJ
omschrijving 2: gebruikstand begin vorig jaar
berekening : GEBRSTBDJ - GEBRSTBVJ

A.6 Invoerspecificatie naar BIOS-database door het LOT-model

Aan de hand van de BIOS-database is nagegaan welke databasetabellen c.q. databasevelden in aanmerking kunnen komen voor een voeding vanuit het optimaliserende LOT-model voor de US'n van de huidige generatie. Aan de volgende databasevelden wordt gedacht :

databasetabel : UST
attribuut : DATTVVUST
omschrijving : datum vervallen uitrustingsstuk
attribuut : USTLEVENS
omschrijving : verwachte levensduur van het uitrustingsstuk
attribuut : USTPROGGEER
omschrijving : verwachte gebruiksprestatie aangepast

FORMELE MODELBESCHRIJVING

Gegeven het feit dat het mogelijk moet zijn met behulp van de BIOS-database de cumulatieve onderhoudskosten en het cumulatieve aantal onderhoudsdagen uit te drukken als een functie van het verbruik en de tijd worden de volgende definities gedefinieerd :

$ok(t,x)$ = cumulatieve correctieve reparatiekosten voor een US met leeftijd t en kilometrage x ,
 $ho(t,x)$ = cumulatieve hoeveelheid onderhoudsdagen voor een US met leeftijd t en een kilometrage x ,
 x = afgelegd aantal kilometers,
 t = leeftijd van het US in jaren.

Met behulp van deze twee functies is het mogelijk om op elk willekeurig tijdstip met behulp van de leeftijd en het afgelegd aantal kilometers de gecumuleerde onderhoudskosten c.q. het gecumuleerde aantal onderhoudsdagen te bepalen.

Stel voor een periode van N jaren wil men weten op welk tijdstip een US op grond van economische redenen vervangen moet worden. Ieder jaar kan men overwegen het US te verkopen of aan te houden. Het aantal mogelijke combinaties van alternatieven "houden" of "verkopen" bedraagt voor een periode van N jaren 2^N . Men zou kunnen overwegen om met behulp van enumeratie alle mogelijke combinaties voor de komende jaren door te rekenen. In theorie leidt dit tot exponentiële rekentijden.

Voor dit probleem is een standaardoplossing bekend. Het bepalen van het optimale vervangingstijdstip kan worden geformuleerd als een dynamisch programmeringsvraagstuk. Uitgangspunt van deze methode is dat men vanaf een eindige horizon optimaal terug rekent naar de tijd van nu. D.w.z. men kiest een toekomstig tijdstip $N+1$ en verdeelt de tijd tussen heden en het toekomstige tijdstip in N perioden(b.v. jaren). Voor de laatste

periode N wordt een optimale keuze bepaald. Vervolgens wordt voor de periode N-1 een optimale keuze bepaald. Voor deze keuze geldt dat rekening gehouden wordt met de optimale keuze uit periode N. Vervolgens wordt voor elke voorafgaande periode de optimale keuze bepaald, rekening houdend met de daarvoor bepaalde optimale keuze, totdat men bij periode 1 is aangekomen. Vanaf periode 1 t/m N is nu het pad met de optimale beslissingen bekend. Het is op deze wijze dus niet nodig om alle mogelijkheden door te rekenen.

Er wordt een gewenste toekomstige toestand bepaald. Met deze 'doeltoestand' als uitgangspunt wordt nu teruggerekend naar het heden, zodanig dat de beslissingen in de tijd optimaal gestuurd kunnen worden om de doeltoestand te bereiken. Op deze wijze is het mogelijk een optimale sturing van de beleidsinstrumenten te verkrijgen teneinde de uiteindelijke doelstelling te kunnen realiseren.

Opmerkingen :

- 1) De kosten voor jaar N+1 worden bekend verondersteld.
- 2) De keuze voor de grootte van N moet voldoende groot zijn om een goede vervanging te kunnen garanderen (bijvoorbeeld twee maal de verwachte levensduur).

Formulering van het dynamische programmeringsmodel

Stel voor een periode van N jaren moet het model worden doorerekend. De minimale kosten voor het vervangen zijn dan:

$$\sum_{i=1}^N (f_i^* - f_{i+1}^*)$$

met:

$f_1^* - f_{i+1}^* =$ de kosten in jaar i volgens het pad met de optimale beslissingen.

$$\text{en } f_i^*(t) = \text{MIN} < \begin{cases} \text{Verkoop : } ok(0, x_i) + C(t, x_t) + (1/(1+r)) * f_{i+1}(1) \\ \text{Houden : } ok(t+1, x_{t+1}) - ok(t, x_t) + (1/(1+r)) * f_{i+1}(t+1) \end{cases}$$

onder de voorwaarde (o.v.): $ho(t+1, x_{t+1}) - ho(t, x_t) \leq MAXNG_t$

met:

$f_i^*(t) =$ de gecumuleerde kosten vanaf jaar i t/m jaar N van een US van t jaar oud, waarvoor een optimale vervangingsbeleid is gebruikt als element van het pad.

$ok(t, x_t) =$ de gecumuleerde onderhoudskosten van een US met een leeftijd t en een kilometerstand van x_t .

$ho(t, x_t) =$ het gecumuleerde aantal dagen dat een US in reparatie (niet gereed) is bij een leeftijd van t jaar en een kilometerstand van x_t .

$C(t, x_t) =$ de aanschafprijs, afstootkosten en restopbrengst van een US met een leeftijd van t jaar en een kilometerstand van x_t .

- $x_{t+1} - x_t =$ het geplande aantal kilometers dat met een US wordt afgelegd in een jaar (δx_t). De variabele x_t wordt jaarlijks bijgewerkt.
- r = verdisconteringsfactor.
- $MAXNG_t$ = het aantal dagen dat een US volgens een norm niet gereed mag zijn in jaar t .
- N = de planningshorizon.
- f_{N+1} = dit zijn de kosten in periode $N+1$ en worden bekend verondersteld.

De beleidsinstrumenten in dit model kunnen zijn de planningshorizon (N), het normatieve vastgestelde aantal dagen niet gereed zijn van een US ($MAXNG_t$), een verdisconteringspercentage (r) en de gebruiksintensiteit van een US ($x_{t+1} - x_t$).

Een verdisconteringspercentage wordt in de methode meegenomen, omdat de kapitaalwaarde op tijdstip t een andere waarde heeft dan op tijdstip $t+1$. Indien men de kosten op tijdstip t kan uitstellen tot het tijdstip $t+1$, is het mogelijk deze geldhoeveelheid tijdelijk elders uit te zetten tegen een rentepercentage. In de kostentheorie spreekt men dan over "opportunity-costs".

Uitleg van het model aan de hand van een praktijkvoorbeeld

In het huidige jaar heeft men zojuist een aantal uitrustingsstukken van een bepaald merk en type aangeschaft. Het management is geïnteresseerd in de vraag of deze nieuw verworven uitrustingsstukken in de komende vijf jaar op grond van economische redenen opnieuw vervangen moeten worden.

Ter simplificatie van het probleem zullen de verreden kilometrages van de US-en afgerond worden naar veelvouden van tienduizend. Elke andere indeling is uiteraard ook toegestaan. In dit voorbeeld stelt het management voor om de gebruiksintensiteit van de US-en hetzelfde te houden voor de komende jaren, namelijk tienduizend kilometer per jaar. Ten aanzien van de operationele gereedheid van de uitrustingsstukken wenst het management de komende jaren een gereedheid van bijvoorbeeld 97.5%. Dit komt neer op negen dagen niet gereed per jaar ($MAXNG_t = 9$ met $t = 0,1,2,3,4$). Verder wordt het verdisconteringspercentage op tien procent ($r=0.1$) verondersteld. Op grond van deze informatie en de informatie uit de onderhoudskostenfunctie en de hoeveelheid-onderhoudfunctie kan de volgende tabel worden opgesteld :

TABEL A Kosten voor een US					MAXNG = 9						
PERIODE	0		1		2		3		4		
LEEFTIJD											
aanvang-eind	0	-	1	-	2	-	3	-	4	-	5
KMSTAND											
begin eind	0	-	10	-	20	-	30	-	40	-	50
KOSTEN	20		24		25		25		26		
ONDERHOUD											
# DAGEN	3		6		8		9		9		
NIET GEREED											
KOSTEN											
VERKOOP/ AANKOOP	160(*)		200		260		310		350		390

(*)

Uitsluitend kosten voor aankoop.

Het algoritme begint met het evalueren van alle mogelijke uitkomsten van de functie $f_4(t)$ in periode 4. Vervolgens worden deze functiewaarden gebruikt voor de berekening van de uitkomsten van de functie $f_3(t)$ in periode 3. Dit herhaalt zich tot en met periode 1. Vanaf deze periode is het vervolgens eenvoudig om het optimale pad te bepalen (nb. $f_5 = 0$). De berekeningen worden :

$$f_4(1) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : ok (0,10) + C (1,10) = 20 + 200 = 220} \\ \text{Houden : ok (2,20) - ok (1,10) = 24} \end{cases}$$

o.v. Verkoop : $h_o(0,10) = 3 \leq 9$
 Houden : $h_o(2,20) - h_o(1,10) = 6 \leq 9$
 ----->> optimale beslissing Houden met kosten = 24

$$f_4(2) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : ok (0,10) + C (2,20) = 20 + 260 = 280} \\ \text{Houden : ok (3,30) - ok (2,20) = 25} \end{cases}$$

o.v. Verkoop : $h_o(0,10) = 3 \leq 9$
 Houden : $h_o(3,30) - h_o(2,20) = 8 < 9$
 ----->> optimale beslissing Houden met kosten = 25

$$f_4(3) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : ok (0,10) + C (3,30) = 20 + 310 = 330} \\ \text{Houden : ok (4,40) - ok (3,30) = 25} \end{cases}$$

o.v. Verkoop : $h_o(0,10) = 3 \leq 9$
 Houden : $h_o(4,40) - h_o(3,30) = 9 \leq 9$
 ----->> optimale beslissing Houden met kosten = 25

$$f_4(4) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : ok (0,10) + C (4,40) = 20 + 390 = 410} \\ \text{Houden : ok (4,40) - ok (3,30) = 26} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{o.v.} \quad & \text{Verkoop : ho (0,10) = 3} \leq 9 \\ & \text{Houden : ho (5,50) - ho (4,40) = 9} \leq 9 \end{aligned}$$

=====>> optimale beslissing Houden met kosten = 26

$$f_3(1) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : ok (0,10) + C (1,10) + (1/1.1)*f_4(1) =} \\ \quad 20 + 200 + (1/1.1)*24 = 241.8 \\ \text{Houden : ok (2,20) - ok (1,10) + (1/1.1)*f_4(2) =} \\ \quad 24 + (1/1.1)*25 = 46.7 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{o.v.} \quad & \text{Verkoop : ho (0,10) = 3} \leq 9 \\ & \text{Houden : ho (2,20) - ho (1,10) = 6} \leq 9 \end{aligned}$$

=====>> optimale beslissing Houden met kosten = 46.7

$$f_3(2) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : ok (0,10) + C (2,20) + (1/1.1)*f_4(1) =} \\ \quad 20 + 260 + (1/1.1)*24 = 301.8 \\ \text{Houden : ok (3,30) - ok (2,20) + (1/1.1)*f_4(3) =} \\ \quad 25 + (1/1.1)*25 = 47.7 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{o.v.} \quad & \text{Verkoop : ho (0,10) = 3} \leq 9 \\ & \text{Houden : ho (3,30) - ho (2,20) = 8} < 9 \end{aligned}$$

=====>> optimale beslissing Houden met kosten = 47.7

$$f_3(3) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : } ok(0,10) + C(3,30) + (1/1.1) * f_4(1) = \\ \quad 20 + 310 + (1/1.1) * 24 = 351.8 \\ \\ \text{Houden : } ok(4,40) - ok(3,30) + (1/1.1) * f_4(4) = \\ \quad 25 + (1/1.1) * 26 = 48.6 \end{cases}$$

o.v. Verkoop : $ho(0,10) = 3 \leq 9$
 Houden : $ho(4,40) - ho(3,30) = 9 \leq 9$
 =====>> optimale beslissing Houden met kosten = 48.6

$$f_2(1) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : } ok(0,10) + C(1,10) + (1/1.1) * f_3(1) = \\ \quad 20 + 200 + (1/1.1) * 46.7 = 262.5 \\ \\ \text{Houden : } ok(2,20) - ok(1,10) + (1/1.1) * f_3(2) = \\ \quad 24 + (1/1.1) * 47.7 = 67.4 \end{cases}$$

o.v. Verkoop : $ho(0,10) = 3 \leq 9$
 Houden : $ho(2,20) - ho(1,10) = 6 \leq 9$
 =====>> optimale beslissing Houden met kosten = 67.4

$$f_2(2) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : } ok(0,10) + C(2,20) + (1/1.1) * f_3(1) = \\ \quad 20 + 260 + (1/1.1) * 46.7 = 322.5 \\ \\ \text{Houden : } ok(3,30) - ok(2,20) + (1/1.1) * f_3(3) = \\ \quad 25 + (1/1.1) * 48.6 = 69.2 \end{cases}$$

o.v. Verkoop : $ho(0,10) = 3 \leq 9$
 Houden : $ho(3,30) - ho(2,20) = 8 < 9$
 ----->> optimale beslissing Houden met kosten = 69.2

$$f_1(1) = \text{Minimum} < \begin{cases} \text{Verkoop : } ok(0,10) + C(1,10) + (1/1.1) * f_2(1) = \\ \quad 20 + 200 + (1/1.1) * 67.4 = 281.3 \\ \text{Houden : } ok(2,20) - ok(1,10) + (1/1.1) * f_2(2) = \\ \quad 24 + (1/1.1) * 69.2 = 86.9 \end{cases}$$

o.v. Verkoop : $ho(0,10) = 3 \leq 9$
 Houden : $ho(2,20) - ho(1,10) = 6 \leq 9$
 =====>> optimale beslissing Houden met kosten = 86.9

De kosten voor de optimale beslissingen vanaf periode 0 zijn nu te berekenen. De uitrustingsstukken waren in deze periode aangeschaft en de totale kosten voor deze US-en kunnen nu bepaald worden :

$$f_0(0) = ok(0,10) + C(0,0) + f_1(1) * (1/(1+r)) = 20 + 160 + 86.9 * (1/1.1) = 259$$

De optimale politiek is nu als volgt weer te geven :

PERIODE i	POLITIEK	KOSTEN = $(f_i^* - f_{i+1}^*)$
0	AANKOOP	172.10 $f_0(0) - f_1(1)$
1	HOUDEN	17.70 $f_1(1) - f_2(2)$
2	HOUDEN	20.60 $f_2(2) - f_3(3)$
3	HOUDEN	22.60 $f_3(3) - f_4(4)$
4	HOUDEN	26.00 $f_4(4) - f_5$
		----- +
		259.00

Het gekozen voorbeeld is in dit geval een vrij trivaal voorbeeld, omdat de onderhoudskosten niet in verhouding staan tot de aanschaf/afstootkosten van het US in verband met de keuze van een korte horizon (5 jaar). Met behulp van dit voorbeeld wordt het duidelijk dat het dynamische programmeringsmodel minder rekenstappen nodig heeft dan

volledige enumeratie. Aan de hand van de volgende figuur wordt dit duidelijk gemaakt^(*) :

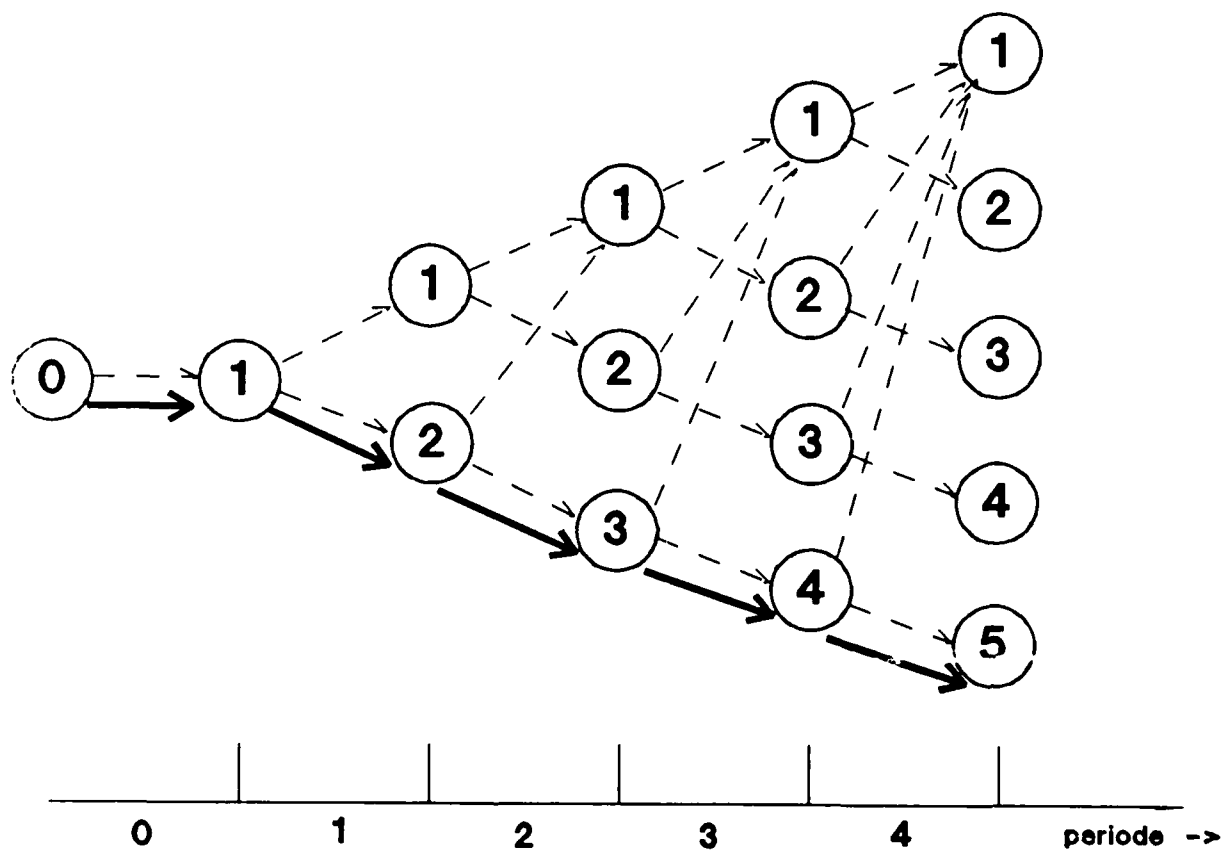


Fig. 2: Mogelijkheden van leeftijden

(*)

Het optimale pad wordt gerepresenteerd door de vetgedrukte pijlen.

Het dynamische programmeringsmodel maakt alleen berekeningen in de beslispunten, terwijl de enumeratie alle alternatieven moet berekenen :

1	1 1 1 1 1	9	1 1 1 1 2
2	1 2 1 1 1	10	1 1 2 1 2
3	1 1 2 1 1	11	1 2 1 1 2
4	1 1 1 2 1	12	1 2 3 1 2
5	1 2 1 2 1	13	1 1 1 2 3
6	1 2 3 1 1	14	1 2 1 2 3
7	1 1 2 3 1	15	1 1 2 3 4
8	1 2 3 4 1	16	1 2 3 4 5 <== optimale politiek

Naarmate de beschouwde horizon groter gekozen wordt, wordt het dynamische programmeringsalgoritme efficiënter ten opzichte van de enumeratieprocedure.

Slotopmerkingen ten aanzien van het model

Uit het voorbeeld blijkt duidelijk dat de beslissingen gevoelig zijn voor de instellingen van de parameters. Indien het management overweegt om de norm van het aantal dagen niet gereed zijn van een uitrustingsstuk te verlagen naar bijvoorbeeld acht dagen, dan zou de vervangingsbeleid er als volgt uit hebben gezien :

PERIODE	POLITIEK	KOSTEN = $(f_N^* - f_{N+1}^*)$
0	AANKOOP	149.30 $f_0(0) - f_1(1)$
1	HOUDEN	-7.40 $f_1(1) - f_2(2)$
2	VERKOOP	298.10 $f_2(2) - f_3(1)$
3	HOUDEN	21.70 $f_3(1) - f_4(2)$
4	HOUDEN	25.00 $f_4(2) - f_5$
		----- +
		468.70

Het moge duidelijk zijn dat men met behulp van deze sturingsparameters een zeer krachtig instrumentarium kan ontwikkelen ten aanzien van de toekomstige kostenbeheersing.

AKTIVITEITEN

In deze bijlage worden de activiteiten beschreven die dit jaar kunnen plaatsvinden teneinde het beleidsondersteunende systeem voor de vervangingsproblematiek te realiseren. De activiteiten, die hier geschetst worden, zullen door het FEL-TNO worden uitgevoerd. Het uitgangspunt voor de genoemde activiteiten vormt figuur 1 op pagina 15.

- **Schattingsmodule**

Het maken van een schattingsmodule is bedoeld om de onderhoudskostenfunctie en de hoeveelheidonderhoudfunctie te kunnen kwantificeren. De eerste selectie van voertuigen zal worden uitgevoerd voor één specifiek merk en type. De selectie zal gebaseerd worden op de data met het meest betrouwbare karakter. Het is de taak van de KLu om aan te geven welke voertuigen hieraan kunnen voldoen.

Nadat de schattingen van de OK- en HO-functies voor verschillende datasets hebben plaatsgevonden, is het misschien mogelijk een algemene gedaante af te leiden voor deze functies. Indien de structuur van beide functies valt onder te brengen in een algemene gedaante, kan overwogen worden om een vaste schattingsmethodiek in het beleidsondersteunende systeem onder te brengen.

- **Ontwikkeling BOS**

De activiteiten met betrekking tot de ontwikkeling van het BOS onderscheiden zich in drie subactiviteiten, namelijk functioneel ontwerp, technisch ontwerp en documentatie. Het functioneel ontwerp zal schermbeschrijvingen en functionele programma-beschrijvingen bevatten. Het technisch ontwerp zal zich vooral toespitsen op de datastructuren. De kracht van een ontwerp op basis van een dynamische programmeringsmethodiek, is namelijk gebaseerd op het gebruik van een efficiënte datastructuur. Verder

zullen met behulp van structure-charts en pseudo-code de functionele programmabeschrijvingen worden uitgewerkt. De documentatie spreekt voor zich.

- **Implementatie**

Met betrekking tot de implementatiefase kan vermeld worden dat de codering niet door het FEL zal worden uitgevoerd. Het FEL kan wel een begeleidende rol vervullen.

De activiteit voor de schattingsmodule kan voor twee doeleinden gebruikt worden namelijk :

- 1) De schattingsmodule wordt gebruikt voor het kwantificeren van de OK-functie en de HO-functie.
- 2) Naast het kwantificeren van een functie kan een schattings-techniek waarnemingen met een afwijkend karakter (t.o.v. de functie) zichtbaar maken. Deze waarnemingen worden 'uitbijters' genoemd. Door dit nevenprodukt is het mogelijk deze afwijkende componenten (records, velden...) in de database te signaleren. Het ter discussie stellen van de genoemde afwijkingen kan mogelijke verklaringen leveren voor dit afwijkende gedrag. De afwijkingen kunnen gebaseerd zijn op goed gegronde feiten, maar kunnen ook een gevolg zijn van eventuele foutieve invoeringen in de database. Kortom het gebruik van een schattingstechniek kan tevens een indicatorfunctie vervullen bij het opsporen van mogelijke onbetrouwbaarheden in de gegevens.

De KLu kan naar eigen inzicht bepalen of deze laatste activiteit voor dit jaar al zinvol is.

Na de implementatie kan als laatste activiteit een gevoeligheidsanalyse voor de invoerparameters worden uitgevoerd. Met name het vaststellen van de gevoeligheid voor de "horizon-parameter" (d.i. de tijdsplan waarover men inzicht wil verkrijgen) is voor de vervangingsbeleid een belangrijk aspect. De toekomst (de oneindige horizon) moet worden benaderd door een eindige horizon die zowel voor de praktijk nog enige betekenis heeft, alsmede voor het model voldoende groot is om de beslissingen ten aanzien van de tijdstippen vervangen/niet vervangen te kunnen ondersteunen.

[illegible]

UNCLASSIFIED
REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

1. DEFENSE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD90-2469	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER A88XLU652	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER FEL-90-A166
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 20516	5. CONTRACT NUMBER A88XLU652	6. REPORT DATE AUGUST 1990
7. NUMBER OF PAGES 43 (INCL. 4 APPENDICES & RDP EXCL. DISTRIBUTIONLIST)	8. NUMBER OF REFERENCES 4	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED FINAL REPORT
10. TITLE AND SUBTITLE EEN BELEIDSONDERSTEUNEND SYSTEEM VOOR BEPALING VAN DE ECONOMISCHE VERVANGINGSPERIODE VAN WIELVOERTUIGEN. (A POLICY SUPPORTIVE SYSTEM TO DETERMINE THE ECONOMIC REPLACEMENT PERIOD FOR VEHICLES)		
11. AUTHOR(S) DRS. J.H.R. V. DUIN		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY POBOX 96864, 2509 JG, THE HAGUE, THE NETHERLANDS		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S)		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 POSITIONS) THIS REPORT DESCRIBES A POLICY SUPPORTIVE SYSTEM, BASED ON A LIFE-OF-TYPE MODEL, FOR THE REPLACEMENT OF EQUIPMENT, PARTICULARLY OF VEHICLES. THE SYSTEM WILL BE INTEGRATED IN AN INFORMATION SYSTEM AND WILL DETERMINE THE OPTIMAL ECONOMIC TIME FOR REPLACING EQUIPMENT, STARTING FROM AVAILABILITY REQUIREMENTS. THE AIM OF THIS REPORT IS TO DEFINE A GOOD BASIS BOTH FOR THE SYSTEM ITSELF AND FOR THE SYSTEM ENVIRONMENT. FROM THIS POINT OF VIEW THE ASSUMPTIONS, DEMANDS, PHILOSOPHY AND POSSIBILITIES OF THE LIFE-OF-TYPE MODEL WILL BE DEALT WITH.		
16. DESCRIPTORS REPLACEMENT LOGISTICS DYNAMIC PROGRAMMING OPERATION RESEARCH DECISION MAKING REPLACEMENT OF EQUIPMENT INFORMATION SYSTEMS		
IDENTIFIERS		
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) UNCLASSIFIED	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) UNCLASSIFIED	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) UNCLASSIFIED
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT UNLIMITED AVAILABILITY	17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) UNCLASSIFIED	

UNCLASSIFIED